

⑬ 日本国特許庁 (JP)
⑫ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開
昭58—216924

⑥ Int. Cl.³
G 01 L 5/00

識別記号

庁内整理番号
7409—2F

④ 公開 昭和58年(1983)12月16日
発明の数 1
審査請求 有

(全 6 頁)

⑨ 軌道応力検測方式

東京都渋谷区笹塚二丁目31番18号

② 特 願 昭57-99170

⑦ 発 明 者 岩谷福雄

② 出 願 昭57(1982)6月11日

神奈川県足柄上郡中井町久所30
0番地日立電子エンジニアリン
グ株式会社内

⑦ 発 明 者 神谷牧夫
東京都目黒区青葉台二丁目11番
28号

⑦ 発 明 者 高橋健策

⑦ 発 明 者 三枝長生
蓮田市御前橋一丁目8番36号

神奈川県足柄上郡中井町久所30
0番地日立電子エンジニアリン
グ株式会社内

⑦ 発 明 者 深沢義朗
東京都文京区本郷一丁目30番22
号

⑪ 出 願 人 日本国有鉄道

⑦ 発 明 者 山本陽一

⑦ 代 理 人 弁理士 薄田利幸

最終頁に続く

明 細 書

1 発明の名称 軌道応力検測方式

2 特許請求の範囲

(1) 軌道を構成しているレールの表面に接触し、かつ0°~360°の範囲に回転できる磁気異方性センサの出力に基づいて、レールの内部応力によって生じたレールの磁気異方性に伴う4個の尖頭値(角度45°、135°、225°および315°に対する尖頭値)出力の平均値をもって軌道応力を測定し、この測定値に測定時の温度に基づく補正を行なうことを特徴とする軌道応力検測方式。

(2) 磁性体よりなる円板上に、磁性体よりなる4個の丸棒を中心対象でかつ正方形の頂点に配置し、該4個の丸棒のそれぞれにコイルを巻線した磁気異方性センサを非磁性ケースに収納し、かつ該ケースに対して該磁気異方性センサが0°~360°の範囲で回転自在であり、さらに該磁気異方性センサの回転位置が0°および360°で閉路する電気接点を有する磁気異

方性センサを用いることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の軌道応力検出方式。

3 発明の詳細な説明

この発明は気温の変化により生じるレールの内部応力を測定することにより、軌道応力の安定状態をチェックする軌道応力検測方式に関するものである。

鉄道線路の軌道構造には種々の形式があるが、代表的なものを第1図(a)、(b)に示す。図において路盤1の上に砂利を主体とする道床2を盛り上げ、この道床2の上に枕木3を配列し、さらにこの枕木3の上に左右のレール4a、4bを大釘5で固定したものである。レール4は通常25 M長のものが用いられ、各レール4の端部は継目板6を用いてボルトにより締結され、相互に接続されている。なお、ロングレールと称するものは、200 M長の単位レールを現地において溶接により接続して1 K Mあるいはそれ以上の1本物として使用されるものである。

ここで、軌道の列車荷重に対する力学状態に

ついてみると、単なる枕木3とレール4による梯子構造物としてでなく、これに路盤1と道床2の間および道床2と枕木3の間に存在する摩擦抵抗ないし慣性抵抗（これらを包括して道床抵抗という）が1体として合成された構造体として、走行する列車が与える強大でかつ変動の大きい動荷重に耐えて力学的平衡を保持しているものである。

以上述べた軌道の力学的平衡に及ぼす外気温度とその変動の影響には大きいものがある。まず、軌道自身の温度変化は外気温度に比べて遙かに大きい。夏期においては太陽輻射熱を直接吸収し、周囲条件によるが60℃に達することは珍しくない。また冬期厳寒時においては、軌道は大気と同温度またはそれ以下の低温度に低下する。要するに、外気温の変化幅を50℃とすれば、レールは優に80℃の変動幅を示すものとみて差支えない。このような軌道の温度変化により、当然レール4には伸縮力が生じるが、レール4は両端が自由な伸縮をなしえず、該伸縮力は圧縮力または引張力として内部に潜在する。

これが内部応力であり、内部応力のうちレール4の長手方向の成分をレール軸力と呼ぶ。なお内部応力には、レールの製造過程の外力の一部が残留する残留応力もある。

いま仮に上記のレール軸力が安全限界を超えて異常に大きい値となるときは事態は危険である。すなわち、低温度のため異常に大きい引張力が生ずるときは、継目板6の締結ボルトの破断ないしはレール自身の切断が発生しうる。また夏期高温時に異常に大きい圧縮力が生じ、その軌道直角成分が軌道抵抗に打勝った場合は、レールと枕木の梯子構造物は横すべり現象を惹起する。これがいわゆる座屈現象であり、極めて重大な列車事故の原因となるものである。

軌道の力学的平衡状態を温度に対して最適とするために、軌道の建設時あるいはレール交換時などにおいて温度25℃を標準とする軌道整備設定が行なわれる。すなわち、この温度においてレール4を所定の位置に置き、レール継目の空隙7を規定値として、継目板6が締結され

レール4が固定される。この場合、気温が低くてレールの温度が25℃に満たないときは、レールを加熱して25℃とした上で上記設定をなしている。

しかしながら、最適に調整設定された軌道においても、路盤または道床の変化により軌道の力学状態に変動を来すことはありうるもので、これに前記した温度変化が重なるとき、レール軸力の異常状態が発生するわけである。

列車の安全運転の基礎である軌道の安定を維持するために、レール軸力を測定し軌道の力学的平衡状態を把握することが望まれる所以である。しかしながら、運転使用状態のままの軌道について、レールの軸力を測定する方式ないし測定センサは未だ実用されていない。

この発明は最近開発されつつある、磁気異方性検出センサを軌道に適用して、レール軸力を測定しその際のレール温度を参照してレール軸力が管理限界を逸脱しているときはその旨の表示を行なうことのできる軌道応力検定方式を提

供することを目的とする。

この発明の第1の要点は磁気異方性検出センサ（以下単に異方性センサという）を利用してレール軸力を測定することにある。そこで、異方性センサについて簡単に述べる。一般に内部に応力が存在するときの磁性体の磁気現象においては、方向によって磁化の程度に差異があり、これを磁気異方性という。別の見方として、応力の方向により磁気抵抗が異なるものといえる。この磁化の程度が高い方向は磁気抵抗が低い方向であって、この方向を磁化容易軸と呼ぶ。

いま第2図(a)に示すように、両脚にそれぞれ巻線E₁、E₂およびD₁、D₂を有する2個のコア9a、9bを互に直交関係をなすように配設し、第2図(b)に示すようにコイルE₁、E₂およびD₁、D₂をそれぞれ直列し、前者を励振コイル後者を検出コイルとする。このような異方性センサ8を図示のように磁性体10の上におくときは、異方性センサ8と磁性体10で一種のトランスが形成される。すなわち励振コイルE₁、E₂に適当な周波数

の電流を流すときは検出コイル D_1 , D_2 に電圧 V_d が検出される。この場合磁性体 10 に磁気異方性があるときは、磁化容易軸の方向と励磁電流の方向、 D_1 , D_2 の方向のなす角によってコア 10 の磁気回路は 10 により構成される磁気回路の平衡とアンバランスの間を変化させる。検出コイル D_1 と D_2 は和動巻きで、このとき磁束が打消されてアンバランスの程度が大きくなると電圧 V_d は大きくなる。なお応力 10 が引張力であるときは V_d の特性は逆である。

また、電圧 V_d の角度 θ に対する変化のパターンを調べると、 θ は磁化容易軸 A と励磁コイル D_1 , D_2 のなす角で、 $\theta = 45^\circ$, 135° のとき V_d が最大値をもつ現象が観察される。

また、図 1(a) のように磁気異方性は内部応力によって生じる現象であるから、ある内部応力の状態で用いた図 1(a) の曲線で示す磁気異方性を示しているとき、その外力を加えた場合、あるいは

温度変化によって内部応力が変化した場合には、第 3 図のボタンは点線のように元のボタン（実線）と相似的に大きさが変化するものである。

レールは強磁性体であり、かつ製造当初から第 4 図例示するように内部応力が存在することが知られている。図中、曲線は等圧線を示し、力の方向はレール軸方向すなわち軸力であり、数値の正符号は引張力、負符号は圧縮力を意味する。

そこで発明者等はレールの磁気異方性について実験を行なった。すなわち第 5 図 (a) に示すように、荷重試験機 11 によりレール 4 の軸方向に圧縮力 P を加える。異方性センサ 8 を第 5 図 (b) のようにレール 4 の底面上部においた場合第 5 図 (c) のデータがえられている。まず $P = 0$ で電圧 V_d に初期値があり、 P が増加すると電圧 V_d は明らかに増加する。ここで P を減少するときは、電圧 V_d は減少するが、この場合ヒステリシス現象を示している。次に、レール表面上の種々の点について同様のテストを行ない、初期値 (P

$= 0$) と $P = 40$ トンにおける各点の電圧の変化量 ΔV_d を計算した。これと第 4 図に示したレール 4 の断面上における残留応力 σ との関係を図 5 図 (d) に示す。すなわち、横軸に σ を縦軸に電圧の変化量 ΔV_d をとるとこれらの関係は明快である。すなわち応力 σ が大きいときは、磁気異方性（恐らく残留磁気そのもの）が飽和しているため、 P を変化しても電圧 V_d が変化しない。

以上事実にもとづき、予めレール種別毎にレール表面上の特定点における外力 P と電圧 V_d の関係を求めておく。また標準状態 (25°C) で設定された軌道について、レール温度と検出電圧 V_d を測定すれば第 6 図の標準曲線 S を描くことができる。このような標準曲線 S に対して、任意の軌道の異方性検測によりえられる電圧 V_d を、レール軸力に換算しこれを温度換算を行なって、その当、否を判定する。第 6 図における L は管理限界線（上限）、 l は同じく（下限）である。

この発明においては磁気異方性による電圧を測定し、これよりレール軸力を推定し、基準を

参照してレール軸力の当、不当を判定することのできる検測システムを構成するもので、これがこの発明の第 2 の要点である。

第 7 図 (a), (b), (c) はこの発明による軌道検測方式に使用するレール軸力検出センサ 17 の一実施例の構造の外観を示す。異方性センサ 8 は、磁性材料による円板 12 に磁性材料による 4 個の丸棒 13 を対称的にねじ止めしたコアとし各丸棒にコイル 14 を巻く。その接続は既述した第 2 図 (b) による。次に該異方性センサ 8 は非磁性体のケース 15 に入れ、蓋 16 で覆う。該蓋 16 は異方性センサ 8 と固着されており、ケース 15 に対して 360° 回転が可能な構造である。すなわち、ケース 15 を固定し蓋 16 を矢印 C のように回転可能であり、回転角 0° と 360° でそれぞれの電気接点 S_{a1} , S_{a0} が閉じるものとする。

第 8 図 (a), (b) は上記した軸力検出センサ 17 をレール底面上部に取付けるための取付具 19 の一実施例で、取付具 19 は非磁性材料により図示の形状でレール底面に外方より挿入し緊ねち 20 で締

め付けレール4に固定できるものである。該取
付具19には円孔を設けて軸力検出センサ17のケ
ース8が押込まれ固着される。ここで、異方性
センサ8の丸棒13の先端は、レール4の表面と
一定間隔を以て隔てられた状態で、円滑に回転
ができるものである。また、レール4の温度測
定のため温度計18が取付具19に埋込まれている。
温度計としては測定値が電気信号として出力さ
れる表面温度計を用いる。

第9図(a)はこの発明による軌道応力測定シ
ステムのブロック構成の実施例で、第9図(b)は主
要点の信号波形のタイムチャートである。

異方性センサ8には発振器22より適当な周波
数の励磁電流が与えられる。一方検出電圧・Vd
は増幅器16によりレベル調整され、励磁電流と
等しい周波数の電流により同期検波器23で同期
検波される。これにより検出電圧・Vdの雑音は
除去され、ついてA/D変換器24によりデジタル
信号に変換される。さていまここで、異方性セ
ンサ8を回転すると、 $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$ に対して信

号(1)がえられる。信号(1)は絶対値回路25により
信号(2)となり、ピーク検出回路26には信号(1)と
信号(2)が入力する。ここで信号(1)の4個のピー
ク値が保持されて信号(3)としてゲート28に入力
する。同時にピーク検出回路ではピーク値をホ
ールド中であることを示すタイミング信号(4)が
作成されて、カウンタ27に与えられる。カウン
タ27では信号(4)よりゲート信号(5)が作成され、
ゲート28に与えられる。ゲート信号(5)はパルス
数を4個とし、4個のピーク値に対応するもの
で、これによりゲート28を通ったピーク値のデ
ータは加算器29で逐次加算され、次の平均値回
路30で平均値が計算される。このように4個の
ピーク値の平均をとる理由は磁気異方性が必ず
しも対称的で、4個のピーク値が相等しいもの
ではないためと、雑音の影響を排除するためで
ある。この平均値Vdより変換回路31により対応
するレール軸力が読み出され表示器32に表示さ
れる。一方、温度計18よりの温度情報により温
度補正回路33において、上記レール軸力の値は

. 11 .

. 12 .

標準温度25°Cの値に補正され、比較回路34で上
下限値と比較されて限界を越えるときは信号を
出力して表示回路32に表示するものである。

以上述べたようにこの発明の軌道応力検測シ
ステムを実稼動中の軌道に適用すれば、レール
軸力が直読されレール温度を参照して軌道安定
性の重要な鍵である力学的平衡の当否を判断す
ることが可能となるものでその効果は著しいも
のがある。

4 図面の簡単な説明

第1図(a)、(b)は軌道構造説明図、第2図(a)、
(b)は磁気異方性センサ構造と結線を示す図、第
3図は磁気異方性センサによりえられる検出電
圧ボタン(θ 特性)図、第4図レールの残留応
力分布図、第5図(a)、(b)、(c)および(d)はレール
に圧縮力を加えた実験方式とそのデータ図、第
6図は軌道のレール軸力管理限界曲線の考え方
の説明図、第7図(a)、(b)、(c)はこの発明による
軌道応力検測システムに用いるレール軸力検出
センサの実施例における構造図、第8図(a)、(b)

は第7図に示したレール軸力検出センサをレー
ルに取付けるための取付具の一実施例を示す図、
第9図(a)、(b)はこの発明による軌道応力検定シ
ステムの総合ブロック系統図である。

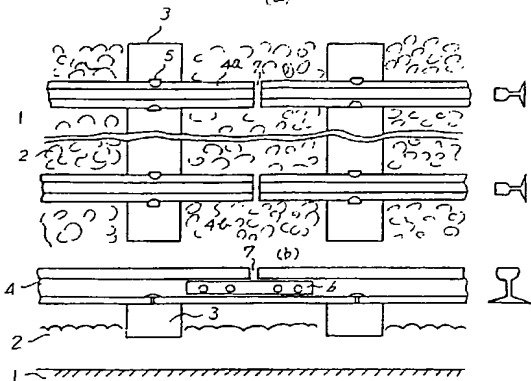
- | | |
|-------------------|----------------|
| 1 ... 路盤 | 2 ... 道床 |
| 3 ... 枕木 | 4 ... レール |
| 5 ... 犬釘 | 6 ... 継目板 |
| 7 ... 空隙 | 8 ... 磁気異方性センサ |
| 9 ... コア | 10 ... 磁性体 |
| 11 ... 荷重試験機 | 12 ... 円板 |
| 13 ... 丸棒 | 14 ... コイル |
| 15 ... ケース | 16 ... 増 |
| 17 ... レール軸力検出センサ | |
| 18 ... 温度計 | 19 ... 取付具 |
| 20 ... 増幅器 | 21 ... 増幅器 |
| 22 ... 発振器 | 23 ... 同期検波器 |
| 24 ... A/D変換器 | 25 ... 絶対値回路 |
| 26 ... ピーク検出回路 | 27 ... カウンタ |
| 28 ... ゲート | 29 ... 加算器 |
| 30 ... 平均値回路 | 31 ... 変換回路 |

. 13 .

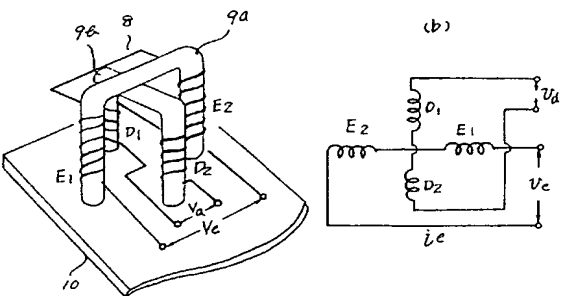
32...表示器
34...比較回路

33...温度補正回路

才1図
(a)



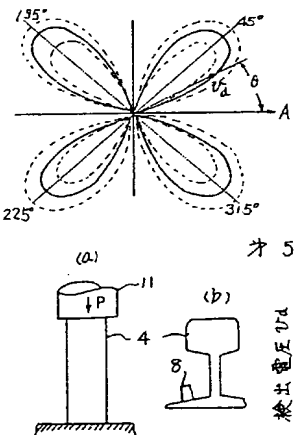
才2図
(a)



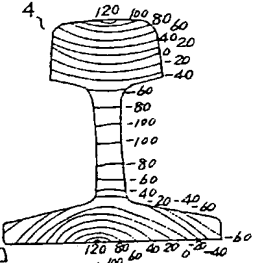
代理人井理士 薄田利幸

15

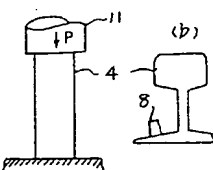
才3図



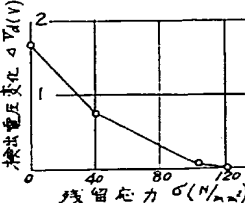
才4図



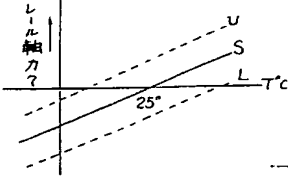
才5図
(a)



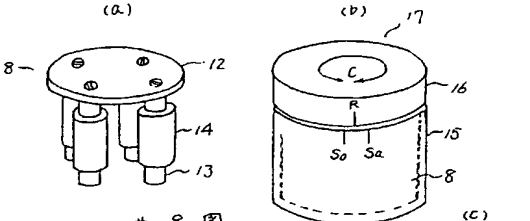
才5図
(d)



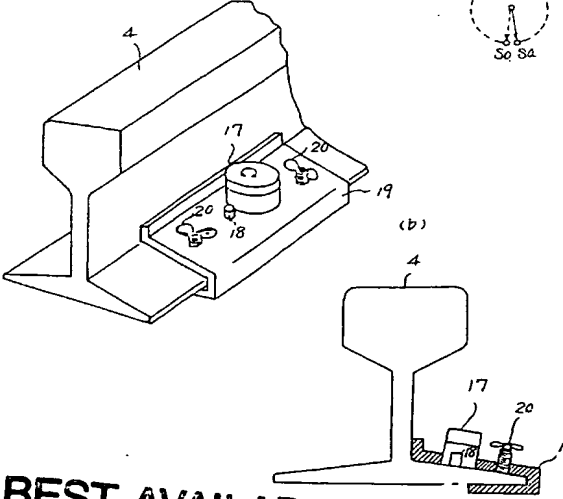
才6図



才7図
(a)



才8図
(a)



特開昭58-216924(6)

第 1 頁の続き

⑦2発 明 者 上野義且

神奈川県足柄上郡中井町久所30
0番地日立電子エンジニアリン
グ株式会社内

⑦出願人 株式会社日立製作所

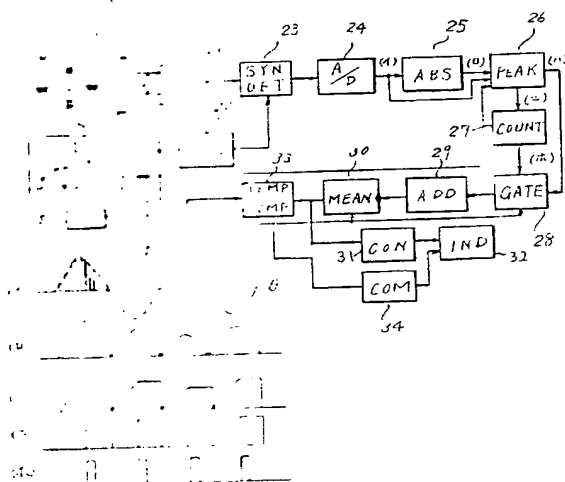
東京都千代田区丸の内一丁目5番1号

⑦出 願 人 日立電子エンジニアリング株式
会社

神奈川県足柄上郡中井町久所30
0番地

✱ 9 ☒

(a)



BEST AVAILABLE COPY